



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2003243749 A**(43) Date of publication of application: **29.08.03**

(51) Int. Cl.

H01S 3/097**H02M 7/48**(21) Application number: **2002038364**(22) Date of filing: **15.02.02**(71) Applicant: **mitsubishi electric corp**

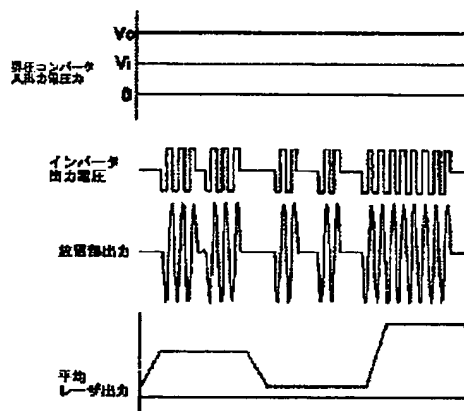
(72) Inventor:
IWABUKI HIROYASU
IWATA AKIHIKO
SUZUKI AKIHIRO
MATSUBARA MASATO

(54) LASER POWER SOURCE APPARATUS**(57) Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To solve the problem of prior art that a laser power source apparatus for emitting laser light by supplying and discharging a high frequency current to an electric discharge electrode has the difficulty electric power in entering the electric discharge electrode and a difficulty to sustain electric discharge low voltage of about $\sqrt{2}$ times of commercial power source voltage upon a low level of a pulse is applied to the electric discharge electrode.

SOLUTION: Electric power of an electric discharge electrode section is adjusted by constructing an inverter section such that it performs an intermittent operation by a group pulse operation other than a continuous operation, thereby forming a pulse high level period by the inverter continuous operation and a low level period by the inverter intermittent operation.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-243749

(P2003-243749A)

(43) 公開日 平成15年8月29日 (2003.8.29)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
H 0 1 S 3/097		H 0 2 M 7/48	E 5 F 0 7 1
H 0 2 M 7/48		H 0 1 S 3/097	A 5 H 0 0 7

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2002-38364 (P2002-38364)

(22) 出願日 平成14年2月15日 (2002.2.15)

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 岩薮 寛康

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(72) 発明者 岩田 明彦

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(74) 代理人 100062144

弁理士 青山 葆 (外1名)

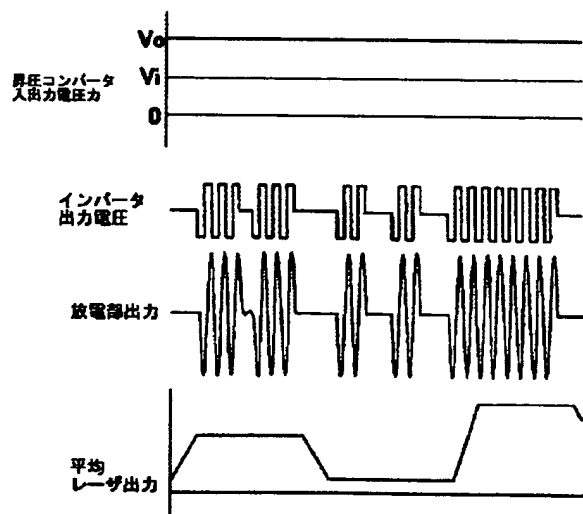
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザ電源装置

(57) 【要約】

【課題】 放電電極に高周波電流を供給し放電させてレーザー光を発生させるためのレーザー電源装置において、パルス低レベル時には商用電源電圧の $\sqrt{2}$ 倍程度の低い電圧を放電電極に印加するため、放電電極にはパワーが入りにくく、放電の維持が困難であった。

【解決手段】 インバータ部を、連続動作以外に、群パルス動作による間欠動作とすることで放電電極部の電力を調整し、インバータ連続動作によるパルス高レベル期間と、インバータ間欠動作によるパルス低レベル期間をつくる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 放電電極に高周波電流を供給し放電させてレーザ光を発生させるためのレーザ電源装置において、商用電源を整流して平滑な直流を得る整流部と、この整流部により整流された直流を昇圧する昇圧コンバータ部と、この昇圧コンバータ部により昇圧された電源を高周波に変換するインバータ部と、このインバータ部により高周波に変換された電源をレーザ発振用放電電極への印加電圧まで昇圧する昇圧トランスと、この昇圧トランスにより昇圧された電源を印加して放電を発生する放電電極とを備えていることを特徴とするレーザ電源装置。

【請求項2】 昇圧コンバータ部の昇圧電圧を商用電源電圧以上、レーザ発振用放電電極部への印加電圧以下にし、この昇圧コンバータ部により昇圧された電源をインバータ部により高周波に変換し、この高周波に変換された電源を昇圧トランス部でレーザ発振用放電電極への印加電圧まで昇圧する請求項1記載のレーザ電源装置。

【請求項3】 インバータ部を連続動作と間欠動作の群パルス動作させることにより放電電極部の電力を調整し、インバータ連続動作のパルス高レベル期間とインバータ間欠動作のパルス低レベル期間をつくる請求項1記載のレーザ電源装置。

【請求項4】 パルス高レベル期間のインバータ群パルス幅はレーザ発振閾値出力相当以上、パルス低レベル期間のインバータ群パルス幅はレーザ発振閾値出力相当以下にした請求項3記載のレーザ電源装置。

【請求項5】 パルス低レベル期間のインバータパルス幅を、パルス高レベル期間のインバータパルス幅よりも狭くした請求項3記載のレーザ電源装置。

【請求項6】 パルス低レベル期間は、パルス高レベル期間に比べて昇圧コンバータ出力を低下させた請求項3記載のレーザ電源装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、レーザ放電加工のための電源装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】図10は、特開平9-232658号公報に示されたレーザ電源装置を示す。同図において、D1は商用電源を整流する整流部、15は前記整流部D1によって平滑された電圧を昇圧する昇圧コンバータ部、17は前記昇圧コンバータ部により昇圧された電圧を高周波に変換するインバータ部、19は2次側に接続される負荷と絶縁するための絶縁トランス、21は放電電極、23は所定の電力を供給するマッチング部である。

【0003】次に動作について説明する。商用電源を整流する整流部D1が商用電源が整流され、昇圧コンバータ部15では平滑コンデンサC1およびインダクタL1により、前記整流部D1で得られた整流電圧(脈流)を平

滑して直流電圧を得ている。また昇圧コンバータ部15には昇圧およびパワーコントロールを行うためのスイッチ素子Q0が設けられており、ダイオードD2およびコンデンサC2が設けられている。なおこのダイオードD2およびC2は必ずしも必要ではない。さらにインバータ部17は前記昇圧コンバータ部15により昇圧およびパワーコントロールされた電圧を高周波電圧に変換する。この高周波電圧を絶縁トランス19、調整されたマッチング部23を介して放電電極21に供給し、放電電極21に電流を流してレーザ光を発生させる。昇圧コンバータ部15に設けられているスイッチ素子Q0により昇圧およびパワーコントロールを行うが、スイッチ素子Q0がオフの場合においても商用電源電圧の $\sqrt{2}$ 倍の電圧をインバータ部17に供給している。

【0004】スイッチ素子Q0がオフで、昇圧およびパワーコントロールしていない状態でも商用電源電圧の $\sqrt{2}$ 倍の電圧をインバータ部17に供給しているため、一定の電流が流れており、マッチング部23はこの電流により放電電極21がレーザ光を発する直前の状態としている。そのためこのときスイッチ素子Q0の損失はゼロである。

【0005】以上からレーザ光として出力しない注入電力のパワーコントロールを止めることによりスイッチング損失を最小にし、かつ昇圧を行うことができる。また昇圧コンバータ部15により昇圧するので昇圧トランスを用いる必要が無く、重量的およびスペース的に有利となる。

【0006】なおこの例では昇圧およびパワーコントロールを昇圧コンバータ部15で行う構成となっているため、昇圧トランスを用いる必要が無いことが明記されている。またマッチング23は電源の内部インピーダンスと負荷インピーダンスとの整合をとり、負荷に最大の電力を取り出すためのマッチング回路であって昇圧機能は無い。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】数kW出力の大型レーザ発振機では、数kV～数10kVの高電圧を放電電極に印加することが要求される。上記先行例のレーザ電源装置にあっては、昇圧およびパワーコントロールを昇圧コンバータ部のみで行っている。そのため商用電源電圧を、数kW出力を得るためのレーザ発振用放電電極への印加電圧まで昇圧する場合、昇圧コンバータ部には高耐圧のスイッチ素子が要求される。また高電圧を得るために汎用のスイッチ素子を多直列化した場合、そのスイッチ素子の制御が難しくなるという問題があった。

【0008】また大出力の交流放電を行うために、昇圧コンバータを用いずに、昇圧トランスのみで商用電源電圧をレーザ発振用放電電極への印加電圧まで昇圧させる場合では、商用電源電圧を整流平滑した電圧と放電電極印加電圧の比をトランスの昇圧比として、2次側巻き線

を決める必要がある。トランスのみで商用電源電圧を放電電極印加電圧まで昇圧する場合、その昇圧比を高くする必要があり、2次側の巻き数が多くなるため、巻き線間の浮遊容量が大きくなり異常な振動が発生する、絶縁が劣化するため昇圧比を大きくとれない、といった問題があった。

【0009】また昇圧トランスの巻き数を多くした場合、トランスの2次側巻き数の2乗に比例する2次側漏れインダクタンスが大きくなるために電圧降下が大きく、電源からレーザ発振のための電力を効率よく得ることが困難であった。また所望の電圧を得るために2次側巻き数を多くしたトランスを使用する場合、トランスの漏れインダクタンスを低減するためにトランスを多並列化する必要があり、コスト面、スペース面で不利であるという問題があった。

【0010】さらにレーザ加工においては、後で参照する図6に示すように加工目的に応じてレーザ出力を1～数kHzにパルス化する必要がある。そのときパルスの高レベル期間においては光としてレーザ出力を得る。さらにパルス低レベル期間においても、次のパルス高レベル期間に容易にレーザ出力を得ることができるように、レーザ光としては出力を得ないが放電を持続させておく必要がある。このとき入力パワーはレーザ光としての出力を発生しない値まで下げておく必要がある。ここで放電電極は誘電体構造であるため容量性の負荷である。そのため昇圧コンバータによるパワーコントロールでは、パルス高レベル時には高い電圧が放電電極に印加されるため問題ないとしても、パルス低レベル時には商用電源電圧の $\sqrt{2}$ 倍程度の低い電圧を放電電極に印加するため、放電電極にはパワーが入りにくく、放電の維持が困難であるという問題があった。

【0011】従って本発明は、上述の課題を解決したレーザ電源装置を提供するものである。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明の請求項1のレーザ電源装置は、放電電極に高周波電流を供給し放電させてレーザ光を発生させるためのレーザ電源装置において、商用電源を整流して平滑な直流を得る整流部と、この整流部により整流された直流を昇圧する昇圧コンバータ部と、この昇圧コンバータ部により昇圧された電源を高周波に変換するインバータ部と、このインバータ部により高周波に変換された電源をレーザ発振用放電電極への印加電圧まで昇圧する昇圧トランスと、この昇圧トランスにより昇圧された電源を印加して放電を発生する放電電極とを備える。

【0013】請求項1のレーザ電源装置では、このように整流部により整流された直流を一旦昇圧する昇圧コンバータ部を設け、この昇圧コンバータ部により昇圧された直流電圧を高周波に変換するインバータ部と、このインバータ部により高周波に変換された高周波電圧をレー

ザ発振用放電電極への印加電圧まで昇圧する昇圧トランスとを組み合わせることにより、所望の電圧を得るための昇圧トランスの巻数比を減らすことができる。これよりトランスの2次側巻き数を減らすことができる。よってトランスの2次側漏れインダクタンスを低減できる。これより電源からの電力を効率よく放電電極に印加することができるため、レーザの発振効率を向上できるとともにトランスを小型化、低コスト化できる。

【0014】請求項2のレーザ電源装置は、昇圧コンバータ部の昇圧電圧を商用電源電圧以上、レーザ発振用放電電極部への印加電圧以下にし、この昇圧コンバータ部により昇圧された電源をインバータ部により高周波に変換し、この高周波に変換された電圧を昇圧トランス部でレーザ発振用放電電極への印加電圧まで昇圧する。

【0015】この請求項2のレーザ電源装置では、このように昇圧コンバータでトランスの1次側電圧を商用電源電圧以上に昇圧させることにより、同一パワーを得るためのインバータ素子電流を低下させることができるので、スイッチ素子には定格電流の大きいものが要求されず、比較的低廉な部品を用いることができる。また昇圧電圧を商用電源電圧以上で、レーザ発振用電極への印加電圧以下の適当な値に設定するため、スイッチ素子は高耐圧品を必要とせず、さらには多直列で用いる必要もない。そのためコスト面で有利であるとともに、ゲート回路を簡略化できる。また昇圧コンバータにより一旦昇圧させているので、上記請求項1と同様にトランス2次側漏れインダクタンスを低減できるため、電源からの電力を効率よく放電電極に印加できる。これによりレーザの発振効率が向上できるとともに、トランスを小型化、低コスト化できる。

【0016】請求項3のレーザ電源装置は、インバータ部を連続動作と間欠動作の群パルス動作させることにより放電電極部の電力を調整し、インバータ連続動作のパルス高レベル期間とインバータ間欠動作のパルス低レベル期間を設けている。

【0017】この請求項3のレーザ電源装置では、インバータ部を連続動作と間欠動作の群パルス動作させることにより放電電極部に印加する電力を調整できる。インバータ連続動作時には放電電極へ印加する平均電力が高いため、平均レーザ出力の高いパルス高レベル期間をつくり、インバータ間欠動作時には放電電極へ印加される平均電力が低いため、パルス低レベル期間を作る。このとき昇圧コンバータにより一旦電圧を昇圧しているため、商用電源電圧より高い電圧でインバータを動作させることができる。これにより放電電流の小電流領域であるパルス低レベル期間にも、パルス高レベル期間と同様に高いピーク電圧で放電を発生させることができる。よってパルス低レベル期間におけるレーザ強度分布の偏りを無くすることができるため、放電の安定化が図れ、レーザの発振効率が上がる。またパルス低レベル期間にはイン

バータが間欠動作しているため、インバータスイッチ素子のスイッチング損失を低減できる。

【0018】請求項4のレーザ電源装置は、パルス高レベル期間のインバータ群パルス幅はレーザ発振閾値出力相当以上、パルス低レベル期間のインバータ群パルス幅はレーザ発振閾値出力相当以下に設定する。

【0019】レーザ加工においては、加工目的に応じてレーザ出力を1～数kHzにパルス化する必要がある。このときパルスの高レベル期間においては、レーザ光としてレーザ出力を得る。しかしパルス低レベル期間においても、次のパルス高レベル期間に滑らかに移行できるように、放電電極部において、レーザ光としての出力は得ないが種火としての放電は持続させておく必要がある。このとき入力パワーはレーザ光としての出力を発生しない値まで下げる必要がある。そこで請求項4のレーザ電源装置では、パルス高レベル期間には、インバータを連続動作あるいはインバータ群パルス幅をレーザ発振閾値出力相当以上にすることによりレーザ光としてレーザ出力を得る。パルス低レベル期間にはインバータ群パルス幅をレーザ発振閾値相当以下にすることにより、入力のパワーをレーザ光として出力を得ない値まで下げることができるのでパルス低レベル期間のレーザ発振を抑制できる。また放電電極部には商用電源電圧よりも高いピーク電圧を印加していることから、パルス低レベル期間での放電を安定に維持することができるため、滑らかにレーザ出力停止状態からレーザ出力の状態に移行できる。これによりレーザの発振効率が向上する。

【0020】請求項5のレーザ電源装置は、請求項3において、パルス低レベル期間のインバータパルス幅を、パルス高レベル期間のインバータパルス幅よりも狭くしている。

【0021】この請求項5のレーザ電源装置では、パルス低レベル期間のインバータパルスの幅を、パルス高レベル期間のインバータパルス幅よりも狭くすることにより、放電電極部への入力パワーを抑制できるので、パルス低レベル期間のレーザ発振を抑制できる。また商用電源電圧より高いピーク電圧を印加できるので請求項4のものと同様にパルス低レベル期間での放電を安定に維持することができ、レーザ出力停止状態から滑らかにレーザ光としてレーザ出力を取り出せる状態に移行できる。これによりレーザ発振効率が向上する。

【0022】請求項6のレーザ電源装置は、請求項3において、パルス低レベル期間は、パルス高レベル期間に比べて昇圧コンバータ出力を低下させている。

【0023】この請求項6のレーザ電源装置では、パルス低レベル期間において、昇圧コンバータ出力をパルス高レベル期間時の出力電圧に比べて下げることに放電電極部への入力パワーを抑制できる。また昇圧コンバータ部の制御では、出力電圧を商用電源電圧の $\sqrt{2}$ 倍以下には下げることができないので、発振閾値電力が低い

場合ではこの電力を放電電極部に印加するとレーザ発振をしてしまう。昇圧コンバータ部の出力電圧を下げ、インバータ部を群パルス動作させることにより、放電電極部には商用電源電圧よりは高いピーク電圧が印加でき、かつ発振閾値電力よりも十分に小さいパワーを印加できる。これによりレーザ発振を抑制することができる。

【0024】

【発明の実施の形態】実施形態1

数kW出力の大型レーザ発振機では、数kV～数10kVの高電圧を放電電極に印加することが要求される。先行例のレーザ電源装置にあっては、昇圧およびパワーコントロールを昇圧コンバータ部のみで行っている。そのため商用電源電圧を、数kW出力を得るためのレーザ発振用放電電極への印加電圧まで昇圧する場合、昇圧コンバータ部には高耐圧のスイッチ素子が要求される。また高電圧を得るために汎用のスイッチ素子を多直列化した場合、そのスイッチ素子の制御が難しくなるという問題があった。

【0025】また大出力の交流放電を行うために、昇圧コンバータを用いずに、昇圧トランスのみで商用電源電圧をレーザ発振用放電電極への印加電圧まで昇圧させる場合では、電源出力電圧と放電電極印加電圧の比をトランスの昇圧比として、2次側の巻き数を決める必要がある。そのため高電圧を得るために昇圧比を高くした場合には、2次側の巻き数が多くなるため、巻き線間の浮遊容量が大きくなり異常な振動が発生する、絶縁が劣化するため昇圧比を大きくとれない、といった問題があった。

【0026】また昇圧トランスの巻き数を多くした場合、2次側巻き数の2乗に比例する昇圧トランスの2次側漏れインダクタンスが大きくなるため、電圧降下が大きく、電源からレーザ発振のための電力を得ることが困難であった。また所望の電力を得るために2次側巻き数を多くしたトランスを使用する場合、トランスの漏れインダクタンスを低減するためにトランスを多並列化する必要があり、コスト面、スペース面で不利であるといった問題があった。今回の発明により、これらの問題点を解決する。

【0027】まずトランスの漏れインダクタンスについて考える。トランス漏れインダクタンスに関する考え方 の前提として、1次巻き線の上に2次巻き線を巻いたトランスを念頭に置く。1次巻き線による磁束のほとんどは外側に巻かれた2次巻き線にて鎖交するが、2次巻き線によって発生する磁束のうち、2次巻き線と1次巻き線との間に発生するものは1次巻き線には鎖交しない。従って2次側からみたトランスの漏れインダクタンスは2次巻き線によるものであると考え、その大きさは2次巻き線の2乗に比例すると考える。

【0028】鎖交磁束数を Φ 、磁束密度を B 、トランスのコア断面積を S 、トランス巻き数を N 、半周期を T 、

印加電圧を E 、印加電圧の周波数を f とすると、一般式より

$$\text{鎖交磁束数 } \Phi = N \phi = B S N = L I = E T$$

$$L \propto B = E T / S N = E / 2 S N f$$

となる。

【0029】まず1次側電圧を増加した場合、磁束密度 B を一定にするために1次側巻き線の巻き数を増加するだけであるので、2次側から見た漏れインダクタンスは変化しない。次に B を一定の条件で f を増加すると、1次側巻き数が f の反比例で減るから2次側巻き数の2乗に比例する漏れインダクタンスは大幅に減る。

【0030】図2はこの関係を示したものである。図2(a)は従来の電源電圧を200Vとしたときの昇圧コンバータ部による昇圧比と昇圧トランスの巻き数比の関係を示している。図2(a)に示すように昇圧コンバータ部の昇圧比を上げるにつれて、昇圧トランスの巻き数比を低減できる。

【0031】図2(b)は例えば従来のインバータ周波数を200kHzとした場合で、インバータ周波数とトランスの漏れインダクタンスの関係を示している。昇圧コンバータ部により商用電源電圧を昇圧して昇圧トランスの巻き数比を低減する。これに伴ってインバータ周波数を上げる。これによってトランスの巻き数を低減できるため、2次側巻き数の2乗に比例するトランス2次側漏れインダクタンスを大幅に低減できる。

【0032】以上よりトランスの2次側漏れインダクタンスを低減できるため、電源からの電力が効率よく放電電極に供給され、レーザの発振効率を向上できるとともにトランスを小型化、低コスト化できる。

【0033】図1はこの発明に係わるレーザ電源装置を示している。図1を参照するに、このレーザ電源装置では、商用200Vの三相交流電源を整流して脈流を得る整流部100と、平滑コンデンサC1およびインダクタL1により、整流電圧を平滑して直流電圧を得て、それを昇圧する昇圧コンバータ部10と、昇圧コンバータ部10により昇圧された直流電圧を高周波に変換するために複数のスイッチ素子Q1～Q4からなるインバータ部110と、このインバータ部110により高周波に変換された高周波電圧をレーザ発振用放電電極部120への印加電圧まで昇圧する昇圧トランス部20と、この昇圧トランス部20により昇圧された電圧の供給によりレーザを発する放電電極部120とを備えている。

【0034】昇圧コンバータ部10にはスイッチ素子S1が設けられており、昇圧コンバータ部10の出力電圧値 V_o は、duty比設定回路81により、このスイッチ素子S1のduty比を変えることにより任意に設定できる。例えばこのスイッチ素子S1をオン/オフするPWM(パルス幅変調)制御によって、昇圧コンバータ部10の出力電圧 V_o を任意の一定電圧に調整することが可能である。

【0035】なお昇圧コンバータ部10により昇圧する電圧値は、昇圧コンバータ部10に使用するスイッチ素子S1およびインバータ部に使用するスイッチ素子Q1～Q4の素子耐電圧によって決定する。昇圧電圧を高くするとスイッチ素子の高耐圧化が要求されるため、昇圧コンバータによる昇圧比は1:1～1:5程度に選ぶと良い。これにより後述の昇圧トランス20において、同一出力を得るための巻き数比を減らすことができる。

【0036】インバータ部110は4組のスイッチ素子Q1～Q4からなっており、Q1とQ2、Q3とQ4の組み合わせを、スイッチング信号作成回路82よりのスイッチング信号で交互に高周波でオン/オフすることにより、昇圧された電圧を高周波に変換する。周波数を上げるにつれてトランスの漏れインダクタンスを低減することができるが、周波数の上昇に伴ってスイッチ素子Q1～Q4のスイッチング損失が増加するため、周波数はこれらの兼ね合いで決定する。そのためインバータ周波数は100kHz～1MHz程度に選ぶとよい。これにより同一電力を得るためのトランスの巻き数を減らすことができる。

【0037】昇圧トランス部20は、インバータ部110により高周波に変換された高周波電圧をレーザ発振用放電電極120への印加電圧まで昇圧する。

【0038】以上より整流部100により得られた直流電圧を一旦昇圧する昇圧コンバータ部10を設け、この昇圧コンバータ部10により昇圧された電圧を高周波に変換するインバータ部110と、このインバータ部110により高周波に変換された電圧を昇圧する昇圧トランス部20とを組み合わせることにより大出力の電源を作り出すことができ、かつ所望の電圧を得るための昇圧トランス部20の巻き数比を減らすことができるため、巻き線間の浮遊容量を小さくすることができ、異常な振動が発生する、絶縁が劣化するため昇圧比を大きくとれないといった問題を解決できる。

【0039】また昇圧トランス部20の2次側巻き数を減らすことができるので、2次側巻き数の2乗に比例するトランスの2次側漏れインダクタンスを大幅に小さくすることができ、電源から効率よくレーザ発振のための電力を得ることができる。さらにはトランスを小型化できるためコスト面、スペース面で有利である。

【0040】実施形態2

この第2の実施形態では、図1のレーザ電源装置において、昇圧コンバータ部10の昇圧電圧を商用電源電圧以上、レーザ発振用放電電極への印加電圧以下にし、この昇圧された電圧をインバータ部110で高周波に変換し、この高周波に変換された電圧を昇圧トランス部20でレーザ発振用放電電極120への印加電圧まで昇圧している。

【0041】このように昇圧トランス部120の1次側電圧を N 倍に昇圧することにより、商用電源電圧から直

接得ていた電力と同一の電力を得るための1次側素子電流が $1/N$ 倍に低下する。そのため昇圧コンバータ部10による昇圧電圧を、使用する素子の定格電流に応じて設走することで、インバータ部110のスイッチ素子Q1～Q4には定格電流の大きな素子が要求されず、比較的低廉な素子を使用することができる。

【0042】昇圧コンバータ部10により昇圧する電圧値は、昇圧コンバータ部10に使用するスイッチ素子S1およびインバータ部110に使用するスイッチ素子Q1～Q4の素子耐圧によって決定する。昇圧電圧を高くするとスイッチ素子S1およびQ1～Q4には高耐圧のものが要求されるため、商用電源の整流平滑電圧 $\sqrt{2} \times 200\text{V}$ に対して、昇圧コンバータ部10の昇圧比は $1:1 \sim 1:5$ 以下(昇圧電圧 1250V 以下)に選ぶと良い。このようにすればスイッチ素子S1およびQ1～Q4には高耐圧のものをを用いる必要が無く、汎用品を利用することができる。また高耐圧化のために素子を多直列で使用する必要も無い。そのためコスト面で有利になるとともにゲート回路を簡略化できる。

【0043】またこのときのインバータ部110の周波数を増加させるにつれて、トランスの漏れインダクタンスを低減させることができるが、周波数が増加するにつれてインバータ素子Q1～Q4のスイッチング損失が増える。また容量性の放電電極とのマッチングの問題もある。これらの兼ね合いからインバータ周波数は 100kHz から 1MHz の高周波に選ぶとよい。このように高周波にするとトランスの巻き数を大幅に減らすことができる。この高周波に変換された電源を後段の昇圧トランス部20でレーザ発振用放電電極部120への印加電圧(数 kV ～数 10kV)まで昇圧する。

【0044】例として図3に示すように、商用電源電圧 200V をレーザ発振用放電電極への印加電圧として 10kV まで昇圧するとする。

【0045】図3(a)に示すように、昇圧コンバータを用いずに昇圧トランス部60のみでレーザ発振用放電電極520への印加電圧まで昇圧するとすると、トランスの1次側電圧は商用電源を整流平滑したものであるので $\sqrt{2} \times 200\text{V}$ となり、必要な昇圧トランス部60の巻き数比は $1:35$ になる。

【0046】図3(b)に示すように昇圧トランス部20の1次側電圧を、一旦昇圧コンバータ部10により商用電源電圧より昇圧する。昇圧コンバータ部10による昇圧電圧は、昇圧コンバータ部10のスイッチ素子S1およびインバータ部110のスイッチ素子Q1～Q4の素子耐圧問題から $1 \sim 5$ 倍($250\text{V} \sim 1250\text{V}$)に選ぶ。これとともにインバータ部110の動作周波数は 100kHz から 1MHz 程度の任意の値に設定する。これにより図3(a)に比べると同一出力を得るための昇圧トランス部20の巻き数は、 $1 \sim 1/5$ 倍(トランス昇圧比 $1:35 \sim 1:7$)まで低減できる。そのため2次

側巻き数の2乗に比例する昇圧トランス部20の2次側漏れインダクタンスは $1 \sim 1/25$ 倍まで低減できる。これにより請求項1と同様にトランスの小型化、低コスト化が図れるとともに、スイッチ素子S1およびQ1～Q4には高耐圧のものをを用いる必要が無く、汎用品を利用することができる。また高耐圧化のために素子を多直列で使用する必要も無い。そのためコスト面で有利になるとともにゲート回路を簡略化できる。

【0047】実施形態3

放電電極は容量性負荷になっている。そのためパワーコントロールを昇圧コンバータで行った場合で、高出力を得る場合においては、高電圧を放電電極に印加するので問題ないが、比較的low出力を望む場合には、低電圧を放電電極に印加するので放電電極へのパワーが入力されにくく、放電の維持を困難にし、レーザ発振効率が下がるといった問題があった。また昇圧およびパワーコントロールを行う昇圧コンバータが無く、パワーコントロールをインバータのPWM(パルス幅変調)等で行った場合でも、放電電極には商用電源電圧の $\sqrt{2}$ 倍の電圧しかかからず、上記と同様の問題があった。

【0048】そこで第3の実施形態では、これを解決する方法として、昇圧コンバータ部10の出力電圧 V_o を商用電源電圧よりも高い電圧で一定にし、そして図4に示すようにインバータ部110の動作を連続動作と間欠動作の群パルス動作させることにより、放電電極部120の電力を調整する方法を提供している。

【0049】連続動作と間欠動作の群パルス動作とするために、図1のスイッチング信号作成回路82において、インバータ部110のスイッチ素子Q1～Q4に駆動信号を供給するための回路に、例えばANDゲートを用い、その一方の入力部に、インバータ周波数と同じ周波数の信号(A)を供給し、他方の入力部には、ゲートをオン/オフさせるための信号(B)を供給する。この信号(B)はインバータ周波数よりも低い $1 \sim$ 数 100kHz の信号とし、電力指令信号に基づき、その信号(B)のduty比を0から100%の間で変化させることにより、上記連続動作と間欠動作の群パルス動作を実現できる。

【0050】あるいは、ROMに予め必要な複数の信号パターンを書き込んでおき、指令信号に対応する信号パターンを読み出し、それを上記スイッチ素子Q1～Q4に駆動信号として供給する。

【0051】この方法により出力のパワーコントロールが行える。インバータ連続動作時には放電電極へ印加する平均電力が高いため平均レーザ出力の高いパルス高レベル期間をつくり、インバータ間欠動作時には放電電極へ印加される平均電力低いためパルス低レベル期間を作る。またこのとき昇圧コンバータ10により一旦電圧を昇圧しているので、商用電源電圧よりも高い電圧でインバータ部110を動作させることができる。これにより低

レーザ出力が要求される場合においても、高レーザ出力時と同様に高いピーク電圧で放電を発生させることができるので、放電の安定化が図れ、レーザの発振効率が上がる。さらには低レーザ出力時にはインバータ部110が間欠動作しているため、インバータ部110のスイッチ素子Q1～Q4のスイッチング損失を低減できる。

【0052】実施形態4

レーザ加工においては、加工目的に応じてレーザ出力を1～数kHzにパルス化する必要がある。このときパルスの高レベル期間においてはレーザ光としてレーザ出力を得る。しかしパルス低レベル期間においても、次のパルス高レベル期間に容易にレーザ出力を得ることができるように、レーザ光としては出力を得ないが放電を持続させておく必要がある。このとき入力パワーは図5に示すようにレーザ光としての出力を発生しない値まで下げておく必要がある。

【0053】従来このパルス低レベル期間を作るためには、図6に示すように、例えば整流部D1にサイリスタを使用して導通角を制御したり、あるいは従来例のように昇圧コンバータ部10の昇圧動作を停止させて商用電源電圧の $\sqrt{2}$ 倍程度の電圧を放電電極部120に印加するなどして、放電電極部120へ印加する電圧のピーク値を下げていた。しかしながら放電電極部120は容量性の負荷である。昇圧コンバータによるパワーコントロールではパルス高レベル時には高いピーク電圧が放電電極部120に印加されるため問題ないとしても、パルス低レベル時には商用電源電圧の $\sqrt{2}$ 倍程度の低い電圧を放電電極部120に印加するので、放電電極へはパワーが入りにくく、放電の維持が困難であるという問題があった。

【0054】そこで第4の実施形態では、これを解決する方法として、図7に示すようにパルス低レベル期間のインバータ群パルス幅は、放電は持続しているが、レーザ光としての出力を発生しないレーザ発振閾値出力以下とする方式を提供している。

【0055】この方式を実現するには、上記信号(B)に替えて、低出力期間にあっては更に周波数の低い1～数kHzの信号のオン/オフ信号にして上記ANDゲートに供給すればよい。

【0056】これとは別に、パルス化周波数信号に応じてROMから所定の信号パターンを読み出すようにしてもよい。この場合も、パルス低レベル期間におけるインバータ群パルス幅は、前記レーザ発振閾値以下とする設定にする。

【0057】また、第4の実施形態では高レベル期間とレーザ発振閾値以下の低レベル期間を作り出せばよいので、2種類のパルス信号発生回路を備え、パルス化周波数に応じていずれかの信号を採用して上記スイッチ素子Q1～Q4に供給してもよい。

【0058】これより、レーザ光としては出力を得ない

が放電を維持させておくパルス低レベル期間においても、高いピーク電圧を放電電極に印加できるため、レーザ光としての出力を得ないが放電維持の状態を保つことができる。またレーザパルス低レベル期間に安定した放電を保つことができるため、次のパルス高レベル期間への以降が容易になる。これによりレーザ発振効率が向上する。

【0059】実施形態5

第5の実施形態は、昇圧コンバータ部10により一旦商用電源電圧を昇圧し、これをインバータ部110に印加し、そして図8に示すように、インバータ部110においてはパルス低レベル期間に、インバータ動作パルスの幅をパルス高レベル期間より狭くする。これにより放電電極部120への入力パワーを抑制できるので、パルス低レベル期間のレーザ発振を抑制できる。

【0060】放電電極部120への印加電圧ピークは、昇圧コンバータ部110により商用電源電圧より高くなっているため、パルス低レベル期間においても放電電極部120には高いピーク電圧が印加される。これにより上記実施の形態4と同様に、レーザ光としては出力を得ないが放電を持続させておくパルス低レベル期間においても、高いピーク電圧を放電電極に印加できるためレーザ光として出力を得ないが放電維持の状態に保つことができる。

【0061】またパルス低レベル期間に安定した放電を保つことができるため、次のパルス高レベル期間への移行が滑らかになる。これによりレーザの発振効率が向上する。レーザ出力はスイッチ素子Q1とQ2、Q3とQ4の組み合わせで交互にオン/オフするインバータ部110のスイッチ素子Q1～Q4をPWM（パルス幅変調）制御することにより、放電電極部120への入力パワーをコントロールすることができる。

【0062】実施形態6

レーザ発振が完全に停止している状態においても、レーザ光としての出力を得ることができる状態に滑らかに移行することが望まれる。そのためレーザ発振が完全に停止している状態においても、パルス動作時のパルス低レベル期間よりもさらに小さい電力で放電を持続させておく必要がある。

【0063】そこで第6の実施形態では、これを解決するために図9に示すように、レーザパルス低レベル期間において、昇圧コンバータ部10の出力電圧をレーザパルス高レベル期間時の出力電圧に比べて下げることで、放電電極部120への入力パワーを抑制する。

【0064】これを行うには、電力指令信号に基づき、昇圧コンバータ部10のスイッチ素子S1のduty比を変化させればよい。

【0065】昇圧コンバータの出力電圧をレーザ高レベル期間時の出力電圧に比べて下げ、かつインバータ部を群パルス動作させることにより、商用電源電圧よりも高

いピーク電圧を放電電極に印加しつつ、より小さい電力でレーザ光としての出力を得ない放電維持の状態に保つことができる。これによりレーザ出力停止状態からパルス高レベル期間への移行が容易になる。これによりレーザ発振効率が向上する。

【0066】昇圧コンバータ部10の出力は、スイッチ素子S1のdutyにより任意に設定できる。例えばこのスイッチ素子S1をオン/オフするPWM(パルス幅変調)制御によって、昇圧コンバータ部10の出力を一定にできる。

【0067】

【発明の効果】請求項1のレーザ電源装置は、昇圧コンバータ部および昇圧トランスにより昇圧するようにしたので、所望の電圧を得るための昇圧トランスの巻数比を減らすことができ、これよりトランスの2次側漏れインダクタンスを低減できるため、電源からの電力を効率よく放電電極に印加することができ、トランスを小型化、低コスト化できる。

【0068】請求項2のレーザ電源装置は、昇圧コンバータ部の昇圧電圧を商用電源電圧以上、レーザ発振用放電電極部への印加電圧以下にしたので、同一パワーを得るためのインバータ素子電流を低下させることができるので、スイッチ素子には定格電流の大きいものが要求されず、比較的低廉な部品を用いることができる。またスイッチ素子は高耐圧品を必要とせず、さらには多直列で用いる必要もない。そのためコスト面で有利であるとともに、ゲート回路を簡略化できる。

【0069】請求項3のレーザ電源装置は、インバータ部を連続動作と間欠動作の群パルス動作させることにより放電電極部の電力を調整するようにしたものであり、放電電流の小電流領域であるパルス低レベル期間にも、パルス高レベル期間と同様に高いピーク電圧で放電を発生させることができるため、放電の安定化が図れ、レーザの発振効率が上がる。またパルス低レベル期間にはインバータが間欠動作しているため、インバータスイッチ素子のスイッチング損失を低減できる。

【0070】請求項4のレーザ電源装置は、パルス高レベル期間のインバータ群パルス幅はレーザ発振閾値出力相当以上、パルス低レベル期間のインバータ群パルス幅はレーザ発振閾値出力相当以下に設定したので、入力のパワーをレーザ光として出力を得ない値まで下げることができ、パルス低レベル期間のレーザ発振を抑制できる。また放電電極部には商用電源電圧よりも高いピーク電圧を印加していることから、パルス低レベル期間での放電を安定に維持することができるため、滑らかにレーザ出力停止状態からレーザ出力の状態に移行できる。

【0071】請求項5のレーザ電源装置は、パルス低レベル期間のインバータパルス幅を、パルス高レベル期間のインバータパルス幅よりも狭くしたので、放電電極部への入力パワーを抑制でき、パルス低レベル期間のレーザ発振を抑制できる。また商用電源電圧より高いピーク電圧を印加できるのでパルス低レベル期間での放電を安定に維持することができ、レーザ出力停止状態から滑らかにレーザ光としてレーザ出力を取り出せる状態に移行できる。

【0072】請求項6のレーザ電源装置は、パルス低レベル期間は、パルス高レベル期間に比べて昇圧コンバータ出力を低下させるようにしたので、放電電極部への入力パワーを抑制できる。また昇圧コンバータ部の出力電圧を下げ、請求項3のようにインバータ部を群パルス動作させることにより、放電電極部には商用電源電圧よりは高いピーク電圧が印加でき、かつ発振閾値電力よりも十分に小さいパワーを印加できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明のレーザ電源装置の構成図

【図2】 昇圧比と昇圧トランスの巻き数比の関係およびインバータ周波数とトランスの漏れインダクタンスの関係を示したグラフ

【図3】 昇圧コンバータを不使用時と使用時とにおける昇圧トランスの巻き数比を示した図

【図4】 インバータを連続動作と間欠動作の群パルス動作させたときの放電出力と平均レーザ出力を示した図

【図5】 入力パワー対レーザ出力の関係を示したグラフ

【図6】 インバータ出力電圧の低下させたときの放電出力と平均レーザ出力を示した図

【図7】 パルス低レベル期間のインバータ群パルス幅をレーザ発振閾値出力以下としたときの放電出力と平均レーザ出力を示した図

【図8】 パルス低レベル期間に、インバータ動作パルスの幅をパルス高レベル期間より狭くしたときの放電出力と平均レーザ出力を示した図

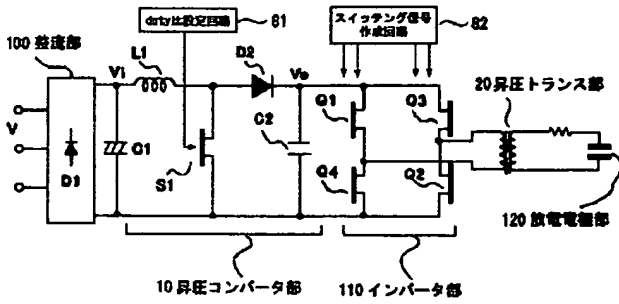
【図9】 レーザパルス低レベル期間に、昇圧コンバータ部10の出力電圧をレーザパルス高レベル期間時の出力電圧に比べて低下させたときの放電出力と平均レーザ出力を示した図

【図10】 公報に示されたレーザ電源装置の構成図

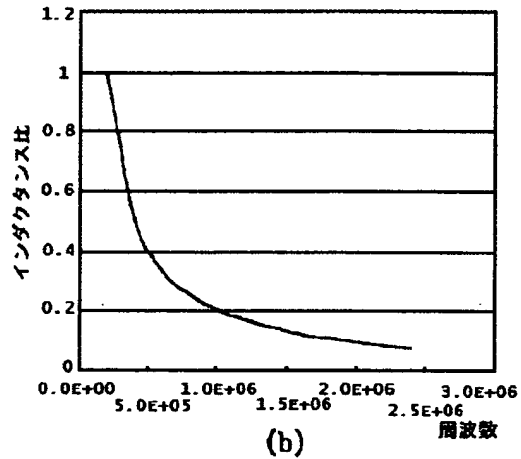
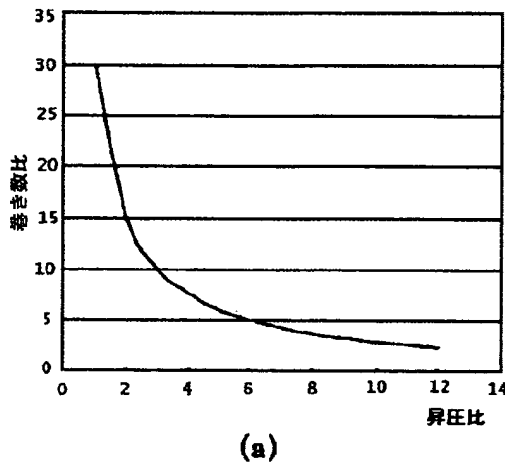
【符号の説明】

10 昇圧コンバータ部、20 昇圧トランス部、81 duty比設定回路、82 スwitching信号作成回路、100 整流部、120 放電電極部、S1 スwitch素子、Q スwitch素子

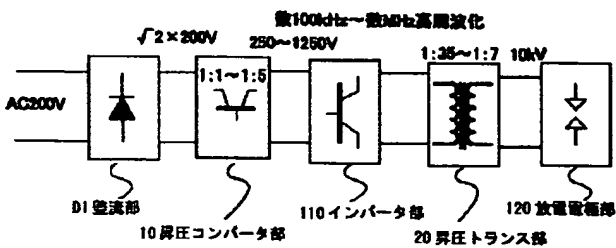
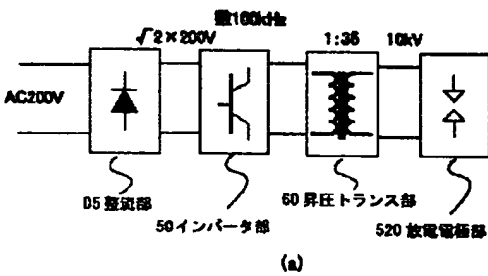
【図1】



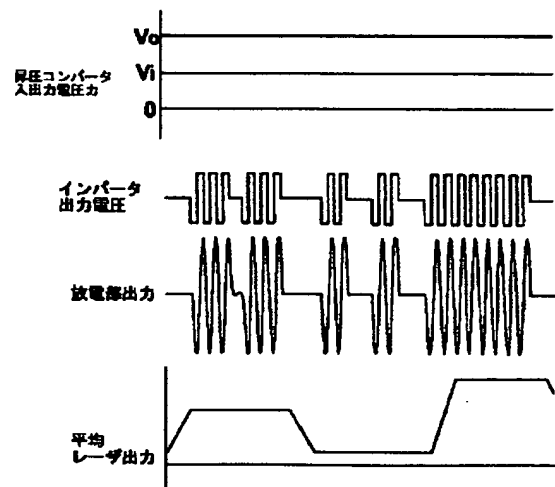
【図2】



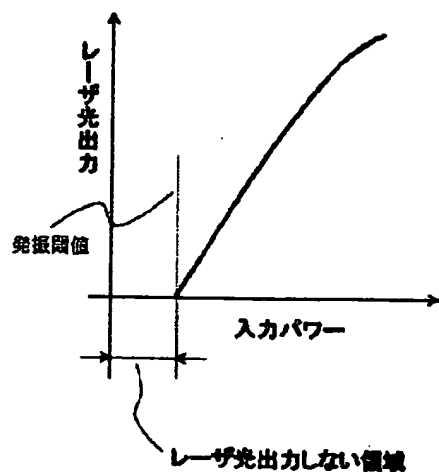
【図3】



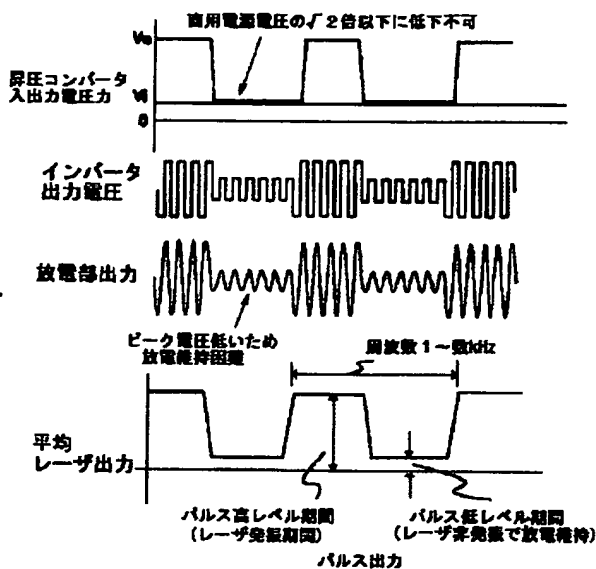
【図4】



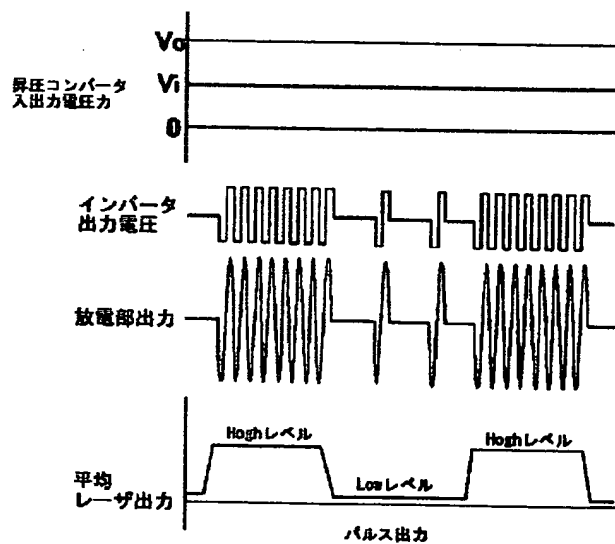
【図5】



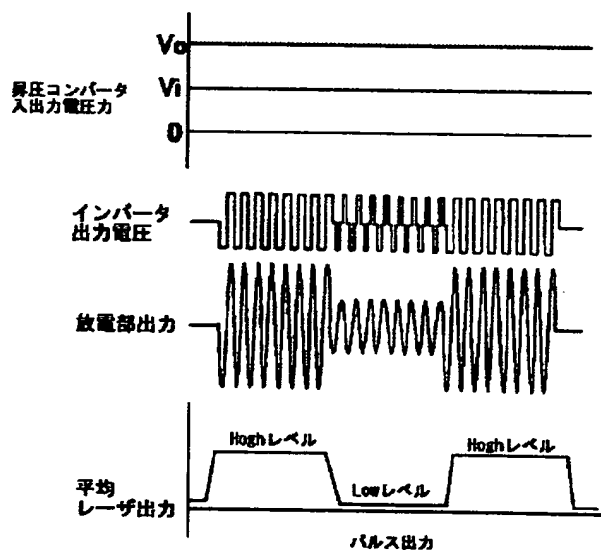
【図6】



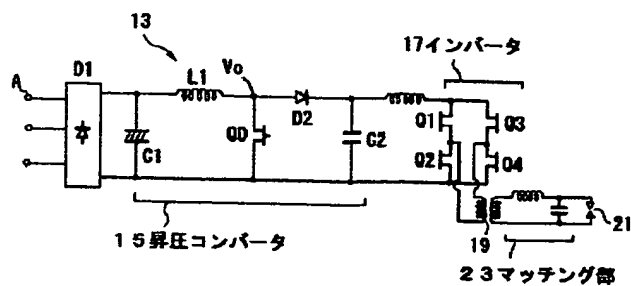
【図7】



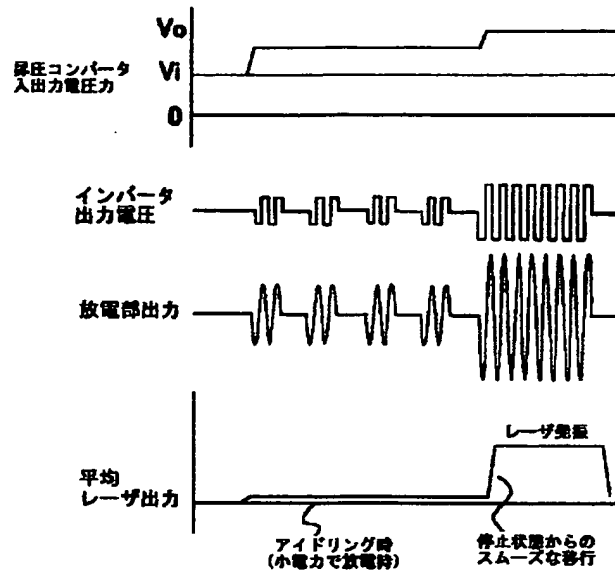
【図8】



【図10】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 昭弘
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内

(72)発明者 松原 真人
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内

Fターム(参考) 5F071 GG02 GG03 GG05 GG09 HH07
JJ01 JJ02 JJ05
5H007 AA02 CA02 CB02 CB04 CB05
CC07 CC13 DB01 EA09